

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-026687

(43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

H03H 3/08

H03H 9/25

(21)Application number : 2001-134109

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 01.05.2001

(72)Inventor : KADOTA MICHIO  
MIURA TOSHINORI

(30)Priority

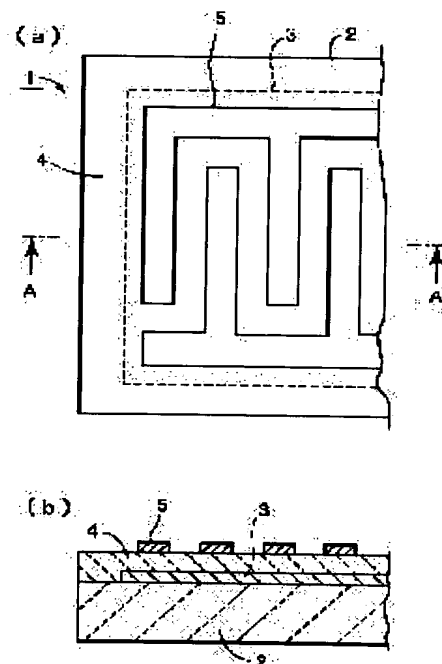
Priority number : 2000132565 Priority date : 01.05.2000 Priority country : JP

## (54) SURFACE WAVE DEVICE, LATERAL WAVE TRANSDUCER AND LONGITUDINAL WAVE TRANSDUCER, AND MANUFACTURING METHOD FOR THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a surface wave device that has a small insertion loss, a large electromechanical coupling coefficient (k) and an excellent conversion efficiency.

SOLUTION: This invention provides the surface wave device 1 where electrodes made of a low resistance ZnO film 13 formed by doping an impurity to ZnO whose specific resistivity  $\rho$  is  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  or below are formed on a substrate 2, a piezoelectric film 14 whose specific resistivity  $\rho$  is  $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$  or over and whose lattice constant is within  $\pm 20\%$  of that of the ZnO is formed on the electrodes, and interdigital electrodes 15 are formed on the piezoelectric film 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-26687  
(P2002-26687A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 3 H 9/145		H 0 3 H 9/145	C 5 J 0 9 7
3/08		3/08	
9/25		9/25	C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-134109 (P2001-134109)  
(22) 出願日 平成13年5月1日 (2001.5.1)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-132565 (P2000-132565)  
(32) 優先日 平成12年5月1日 (2000.5.1)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
(72) 発明者 門田 道雄  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72) 発明者 三浦 俊徳  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(74) 代理人 100086597  
弁理士 宮▼崎▲ 主税

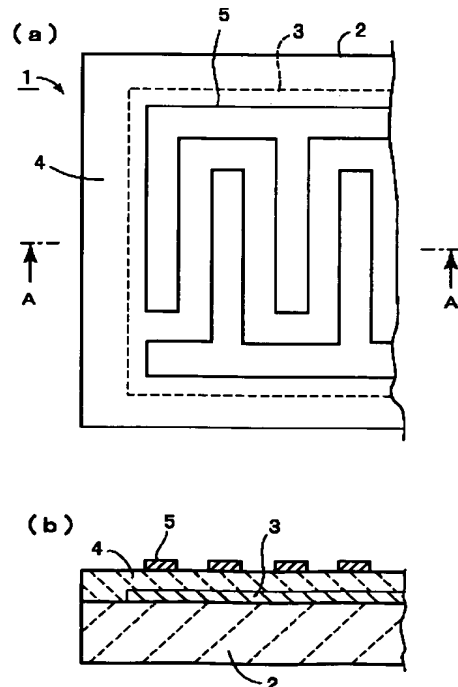
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面波装置、横波トランスデューサー及び縦波トランスデューサー並びにこれらの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 挿入損失が小さく、電気機械結合係数  $k$  が大きく、変換効率に優れた表面波装置を得る。

【解決手段】 基板2上に、比抵抗  $\rho$  が  $1 \Omega \cdot \text{cm}$  以下であり、ZnOに不純物がドーパされている低抵抗のZnO膜13からなる電極が形成されており、該電極上に比抵抗  $\rho$  が  $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$  以上であり、格子定数がZnOの格子定数の  $\pm 20\%$  以内である圧電膜14が形成されており、該圧電膜14上にインターデジタル電極15が形成されている表面波装置1。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 基板と、

基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、ZnOに不純物がドーピングされている低抵抗のZnO層からなる電極と、

前記ZnO層からなる電極上にエピタキシャル膜として形成されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上であり、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、

前記圧電膜上に形成されたインターデジタル電極とを備えることを特徴とする表面波装置。

【請求項2】 前記基板が、R面サファイア、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)または(011)面シリコン、Zカット水晶、 $30^\circ\sim 42^\circ$ 回転Y板 $\text{LiNbO}_3$ 、及び $30^\circ\sim 42^\circ$ 回転Y板 $\text{LiTaO}_3$ 並びにそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種の材料により構成されている、請求項1に記載の表面波装置。

【請求項3】 前記不純物がZnO100重量%に対し、5重量%以下の割合でドーピングされている、請求項1または2に記載の表面波装置。

【請求項4】 前記不純物がIII A、III B、VA及びVB族の原子または分子である、請求項1～3のいずれかに記載の表面波装置。

【請求項5】 前記不純物が、Al、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種を含む請求項4に記載の表面波装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の表面波装置の製造であって、前記基板上に不純物がドーピングされたターゲットを用いてスパッタリングにより前記低抵抗のZnO層からなる電極を形成する工程と、前記電極上に前記圧電膜を形成する工程と、前記圧電膜上にインターデジタル電極を形成する工程とを備える表面波装置の製造方法。

【請求項7】 R面サファイア、 $30^\circ\sim 42^\circ$ 回転Y板 $\text{LiTaO}_3$ 及び $30^\circ\sim 42^\circ$ 回転Y板 $\text{LiNbO}_3$ からなる群から選択した1種からなる基板と、前記基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、ZnOにIII A、III B、VA及びVB族の原子または分子が不純物としてドーピングされている低抵抗のZnO膜からなる電極と、前記低抵抗のZnOからなる電極上にエピタキシャル膜として成膜されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗を有し、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、前記圧電膜上に形成された電極とを備える、横波トランスデューサー。

【請求項8】 前記不純物がAl、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種である、請

求項7に記載の横波トランスデューサー。

【請求項9】 請求項7または8に記載の横波トランスデューサーの製造方法であって、

前記基板上に不純物がドーピングされたターゲットを用いてスパッタリングにより低抵抗のZnO膜からなる電極を形成する工程と、

前記電極上に前記圧電膜を形成する工程と、

前記圧電膜上に電極を形成する工程とを備える横波トランスデューサーの製造方法。

【請求項10】 c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)もしくは(011)面シリコン、Zカット水晶及びそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種からなる基板と、前記基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、ZnOにIII A、III B、VA及びVB族の原子または分子が不純物としてドーピングされている低抵抗のZnO膜からなる電極と、

前記低抵抗のZnOからなる電極上にエピタキシャル膜として成膜されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗を有し、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、

前記圧電膜上に形成された電極とを備える、縦波トランスデューサー。

【請求項11】 前記不純物がAl、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種である、請求項10に記載の縦波トランスデューサー。

【請求項12】 請求項10または11に記載の縦波トランスデューサーの製造方法であって、前記基板上に、不純物がドーピングされたターゲットを用いてスパッタリングにより低抵抗のZnO膜からなる前記電極を形成する工程と、前記電極上に前記圧電膜を形成する工程と、前記圧電膜上に電極を形成する工程とを備える縦波トランスデューサーの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に低抵抗のZnO膜を電極として機能するように形成してなる構造を有する表面波装置、横波トランスデューサー及び縦波トランスデューサー並びにこれらの製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】特開平8-162881号公報には、不純物をドーピングすることにより低抵抗化されたZnO層を電極として用いた弾性表面波フィルタが開示されている。この先行技術に記載の弾性表面波フィルタの製造方法では、基板上にZnO層が形成され、該ZnO層にイオン注入を行うことにより、基板とZnO層との界面近傍においてZnOに不純物がドーピングされることにより形成された低抵抗のZnO層が形成される。また、上記低抵抗のZnO層がインターデジタル電極として利用され

ている。すなわち、基板上に低抵抗のZnOからなるインターデジタル電極が形成されており、該インターデジタル電極上にZnO層が圧電層として形成されている弾性表面波フィルタが開示されている。

【0003】他方、特開平8-228398号公報には、同様に低抵抗のZnO層を用いた横波トランスデューサーが開示されている。ここでは、

【0004】

【数1】

R面〔(01 $\overline{1}$ 2)面〕サファイア

【0005】からなる支持体上に、電極として機能する低抵抗のZnO層が形成されており、第1のZnO層上にエピタキシャル膜として形成された高抵抗の第2のZnO層が形成されており、該第2のZnO層上に電極が形成されている。

【0006】なお、以下においては、

【0007】

【数2】

T

【0008】を「バー1」と表現する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】特開平8-162881号公報や特開平8-228398号公報に記載の弾性表面波フィルタ及び横波トランスデューサーは、圧電体としてのZnO層に接するように、不純物が含有された低抵抗のZnO層を形成し、該低抵抗のZnO層を電極として用いることにおいて共通している。

【0010】しかしながら、特開平8-162881号公報に記載の弾性表面波フィルタにおける低抵抗のZnO層は、比抵抗 $\rho$ が $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度と低いものの、インターデジタル電極を構成する材料としてはその比抵抗 $\rho$ は高すぎるものであった。インターデジタル電極を構成する通常の電極材料であるAlやAuの比抵抗は、 $2 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。そのため、特開平8-162881号公報に記載の弾性表面波フィルタでは、インターデジタル電極が大きな抵抗を有し、挿入損失が非常に大きく、実際には使用できないものであった。

【0011】また、この先行技術に記載の製造方法では、低抵抗のZnO層はイオン注入により形成されているので、製造装置が高価となり、かつ基板やZnO膜などに歪みが入りやすく、特性が不安定になったり、不純物がZnO層に均一に注入され難いという問題があった。

【0012】他方、特開平8-228398号公報には、ZnO成形体にAlなどの不純物をドーピングしたターゲットを用いてスパッタリングすることにより、基板上に低抵抗のZnO層を形成する工程が開示されている。この方法によれば、特開平8-162881号公報に記載の弾性表面波フィルタの製造方法に比べて、不純物が

均一に分布され、かつ比抵抗 $\rho$ をより低くすることができ

【0013】もっとも、特開平8-228397号公報は、R面サファイアからなる支持体上において、低抵抗のZnO層と、高抵抗の第2のZnO層と電極とを形成した横波トランスデューサーを開示しているにとどまり、インターデジタル電極を用いた表面波装置については、何ら言及していない。

【0014】本発明の目的は、不純物がドーピングされた低抵抗のZnO層を持つ電極として用いており、かつ挿入損失を低減することができる表面波装置及びその製造方法を提供することにある。

【0015】本発明の他の目的は、様々な基板材料を用いて構成することができ、低抵抗のZnO層を電極として用いた横波トランスデューサー及び縦波トランスデューサー並びにこれらの製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願の第1の発明は、基板と、基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であり、ZnOに不純物がドーピングされている低抵抗のZnO層からなる電極と、前記ZnO層からなる電極上にエピタキシャル膜として形成されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、好ましくは $8 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下であり、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、前記圧電膜上に形成されたインターデジタル電極とを備えることを特徴とする表面波装置である。

【0017】第1の発明の特定の局面では、基板が、R面サファイア、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)または(011)面シリコン、Zカット水晶、 $30^\circ \sim 42^\circ$  回転Y板LiNbO<sub>3</sub>、及び $30^\circ \sim 42^\circ$  回転Y板LiTaO<sub>3</sub>並びにそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種の材料により構成されている。

【0018】なお、c軸に平行な面のサファイアとしては、a面サファイアやm面サファイアが挙げられる。上記不純物は、好ましくは、ZnO100重量%に対し、5重量%以下の割合でドーピングされている。

【0019】また、上記不純物としては、好ましくは、III A、III B、VA及びVB族の原子または分子、より好ましくは、Al、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種が用いられる。

【0020】第1の発明に係る表面波装置の製造方法は、基板上に不純物がドーピングされたターゲットを用いて低抵抗の上記ZnO層からなる電極を形成する工程と、該電極上に上記圧電膜を形成する工程と、圧電膜上にインターデジタル電極を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0021】本願の第2の発明は、R面サファイア、 $30^\circ \sim 42^\circ$  回転Y板LiTaO<sub>3</sub>及び $30^\circ \sim 42^\circ$

回転Y板LiNbO<sub>3</sub>からなる群から選択した1種からなる基板と、該基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、ZnOにIII A、III B、VA及びVB族の原子または分子が不純物としてドーピングされている低抵抗のZnO膜からなる電極と、前記低抵抗のZnOからなる電極上にエピタキシャル膜として成膜されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗を有し、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、圧電膜上に形成された電極とを備える、横波トランスデューサーである。

【0022】第2の発明の特定の局面では、上記不純物として、Al、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種が用いられる。第2の発明に係る横波トランスデューサーの製造方法は、前記基板上に、不純物がドーピングされたターゲットを用いてスパッタリング法により低抵抗のZnO膜からなる電極を形成する工程と、前記電極上に前記圧電膜を形成する工程と、前記圧電膜上に電極を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0023】本願の第3の発明は、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)もしくは(011)面シリコン、Zカット水晶及びそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種からなる基板と、該基板上に形成されており、比抵抗 $\rho$ が $1\Omega\cdot\text{cm}$ 以下であり、ZnOにIII A、III B、VA及びVB族の原子または分子が不純物としてドーピングされている低抵抗のZnO膜からなる電極と、前記低抵抗のZnOからなる電極上にエピタキシャル膜として成膜されており、比抵抗 $\rho$ が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗を有し、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜と、前記圧電膜上に形成された電極とを備える、縦波トランスデューサーである。

【0024】第3の発明の特定の局面では、上記不純物として、Al、Ga、V、Nb及びAsからなる群から選択した少なくとも1種が用いられる。第3の発明に係る縦波トランスデューサーの製造方法は、基板上に、不純物がドーピングされた上記低抵抗のZnO膜からなる電極を形成する工程と、該電極上に圧電膜を形成する工程と、該圧電膜上に電極を形成する工程とを備えることを特徴とする。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ、本発明の具体的な実施例を説明することにより、本発明をより詳細に説明する。

【0026】図1(a)及び(b)は、本発明に係る表面波装置の一実施例を説明するための平面図及び部分切欠正面断面図である。セザワ波を利用した表面波装置1では、基板2上に低抵抗のZnO膜3が形成されており、該低抵抗のZnO膜3上に圧電膜4が形成されている。低抵抗のZnO膜3は、短絡電極として機能するも

のである。上記圧電膜4上には、インターデジタル電極5が形成されている。

【0027】基板2を構成する材料としては、ZnO膜3がエピタキシャル成長し得る適宜の材料、例えば、R面サファイア、m面サファイア、a面サファイア、c面サファイア面、Zカット水晶、回転Y板LiNbO<sub>3</sub>、または33°回転Y板LiTaO<sub>3</sub>などを用いることができる。

【0028】ZnO膜3は、ZnOに不純物をドーピングすることにより低抵抗化されており、短絡電極として機能させるために設けられている。上記ZnOにドーピングされる不純物としては、特に限定されるわけではないが、II I A、III B、VA、VB族の原子または分子が挙げられ、例えば、Al、Ga、V、NbまたはAsを例示することができる。

【0029】上記ZnO膜3の形成に際しては、好ましくは薄膜形成法が用いられる。薄膜形成法としては、スパッタリングあるいはCVDなどの適宜の方法を用いることができる。スパッタリングによりZnO膜3を形成する場合、Znに上記不純物を含有させてなるターゲットまたはZnO粉末と不純物の粉末とを混合して成形されたターゲットを用いることにより、上記低抵抗のZnO膜3を形成することができる。上記のように、スパッタリングやCVDにより形成された低抵抗のZnO膜3では、前述した特開平8-162881号公報に記載のようなイオン注入法を用いた場合に比べて、低抵抗のZnO膜の比抵抗をより効果的に低下させることができ、例えば $1\times 10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}$ 程度の比抵抗 $\rho$ を実現することができる。

【0030】また、イオン注入と異なり、高価かつ大がかりな装置を必要としない上、余分な工程がないため、ZnO膜3は、容易に形成され得る。また、イオン注入法は膜の上と下で注入量に分布があり、部分的に比抵抗の大きい層が存在し、その大きい比抵抗がSAWの挿入損失をより増大させるという欠点を有していた。

【0031】なお、ZnOにドーピングされる上記不純物の含有割合については、目的とする比抵抗 $\rho$ にもよるが、好ましくは、ZnO100重量%に対し、5.2重量%以下とされる。5.2重量%を超えると、比抵抗が小さくならず大きくなることもある。

【0032】次に、不純物がドーピングされたZnOターゲットを用いてECRスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成した場合のスパッタリングの条件と形成される低抵抗のZnO膜の比抵抗との関係を図2～図4に示す。

【0033】図2～図4において、横軸は、それぞれ、ターゲット中に含まれる不純物量、スパッタリングに際しての雰囲気ガスとしてArとAr+O<sub>2</sub>の混合ガスを用いた場合のこれらの比、及びガス流量を示す。なお、図2において、横軸の不純物量は、不純物としてのAl、GaまたはVがZnOセラミックターゲット中にド

ープされている割合(重量%)を示す。また、図2においては、基板加熱温度は400℃、ガス流量は10SCCM、雰囲気ガスはAr100%とされている。

【0034】また、図3では、ターゲットとしてZnOに、 $Al_2O_3$ を1重量%不純物としてドーブしたものをを用い、ガス流量は10SCCMとされている。図4では、ターゲットとしてZnOセラミックターゲットに、 $Al_2O_3$ を1重量%ドーブしたものをを用い、基板加熱温度は400℃、雰囲気ガスはAr100%とした。

【0035】図2～図4から、ECRスパッタにより、比抵抗が $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ のZnO膜を得るには、雰囲気ガスとして、 $Ar/(Ar+O_2)$ 比98%以上、雰囲気ガス流量40SCCM以下、ガス圧 $2.3 \times 10^{-3} Torr$ 以下、基板加熱温度200℃以上、ターゲットにドーブされる不純物濃度0.3～5.2%とすることが望ましいことがわかる。

【0036】また、図2～図4から明らかなように、これらの条件を調整することにより、 $8 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 以下の比抵抗のZnO膜を容易に形成し得ることがわかる。次に、RFマグネトロンスパッタにより、同様に低抵抗のZnO膜を形成し得ることを、図5～図10を参照して説明する。

【0037】図5ではターゲットとしてZnにAlを不純物としてドーブさせたターゲットにおいてAl含有量を変化させた場合の比抵抗の変化を示す。ここでは、基板加熱温度は400℃、雰囲気ガスは $Ar/(Ar+O_2)$ 比96.5%とした。

【0038】また、図6は、 $Ar/(Ar+O_2)$ 比すなわち雰囲気ガス組成を変化させた場合の比抵抗の変化を示す。ここでは、不純物としてAlが1重量%含有されたZnメタルターゲットを用いた。

【0039】図5及び図6から明らかなように、Alを不純物としてドーブしたZnメタルターゲットを用い、RFマグネトロンスパッタによりZnO膜を形成する場合、不純物量及び基板温度並びにガス組成を調整することにより、上記と同様に $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 以下及び $8 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 以下の比抵抗のZnO薄膜を形成し得ることがわかる。なお、RFマグネトロンスパッタで低抵抗のZnO膜を形成する場合、ターゲットとしては、ZnメタルターゲットだけでなくZnOセラミックターゲットを用いてもよいことが確かめられている。その場合には、 $Ar/(Ar+O_2)$ のガス組成は特に限定されず、また、ガスとしてArのみを用いてもよい。

【0040】図7及び図8は、不純物としてAlに代えてGaを用いたことを除いては、図5及び図6と同様にしてZnO膜を形成した場合の結果を示し、図7及び図8は、図5及び図6に相当する図である。また、図9及び図10は、不純物としてAlに代えてVを用いたことを除いては図5及び図6と同様にしてZnO膜を形成した場合の結果を示し、図9及び図10は、図5及び図6

に相当する図である。

【0041】図7～図10から明らかなように、不純物としてGaやVを用いた場合においても、RFマグネトロンスパッタにより、比抵抗が $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 以下及び $8 \times 10^{-4} \Omega \cdot cm$ 以下のZnO膜を形成し得ることがわかる。

【0042】また、図5及び図6から、RFマグネトロンスパッタにより、不純物としてAlを用いて低抵抗のZnO膜を形成する場合には、所望とする $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 以下の比抵抗を実現するには、不純物量は0.3～5重量%、基板加熱温度は200℃以上、 $Ar/(Ar+O_2)$ 比は95%以上とすればよいことがわかる。

【0043】同様に、図7及び図8から、Gaを不純物として用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 以下のZnO膜を形成する場合には、Gaの含有量は0.3～5.5重量%、基板加熱温度は200℃以上、 $Ar/(Ar+O_2)$ 比は93.5%以上とすればよいことがわかる。さらに、Vを不純物として用い、RFマグネトロンスパッタにより、低抵抗のZnO膜を形成する場合には、比抵抗が $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot cm$ 以下とするには、Vのドーブされる割合を0.3～5重量%、基板加熱温度を200℃以上、 $Ar/(Ar+O_2)$ 比を94%以上とすればよいことがわかる。

【0044】前述したZnO膜3を形成した後に、圧電膜4が形成される。圧電膜4を構成する材料は、比抵抗 $\rho$ が $10^6 \Omega \cdot cm$ 以上であり、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜を形成し得る限り特に限定されないが、好ましくは、ZnO、AlNまたはGaNが用いられる。

【0045】上記圧電膜4上に、インターデジタル電極5が形成される。インターデジタル電極5は、適宜の電極材料、例えばAl、Au、またはCuなどにより形成することができる。

【0046】本実施例の表面波装置1では、基板2上に低抵抗のZnO膜3が短絡電極として形成されており、さらに圧電膜4及びインターデジタル電極5が積層されている構造を有するため、挿入損失が小さい、高効率の表面波装置を提供することができる。

【0047】セザワ波を利用した表面波装置では、基板として、R面サファイア、c面サファイア、シリコン等の音速の速い基板を用い、従来、①IDT/圧電膜/基板からなる基板、②IDT/圧電膜/短絡電極/基板からなる基板、③圧電膜/IDT/基板からなる基板、④短絡電極/圧電膜/IDT/基板からなる基板の4種類の積層構造が知られていた。この場合の圧電膜としてZnO膜を用いた場合の電気機械結合係数 $k$ とZnO膜の規格化膜厚 $H/\lambda$  ( $H$ はZnO膜の膜厚、 $\lambda$ は表面波の波長)との関係は、図11に示すとおりであった。すなわち、上述した4種類の積層構造のうち、②の構造、IDT/圧電膜/短絡電極/基板からなる基板の構造にお

いて、電気機械結合係数 $k$ が一番大きく、従って、電気とSAWの変換効率が優れていることがわかる。

【0048】もっとも、従来、R面サファイアからなる基板上に、ZnOなどの圧電膜を形成した場合(1, 1, バー2, 0)、(100)または(110)配向のエピタキシャル膜を形成することができるものの、R面サファイアからなる基板上に金属材料を用いて短絡電極を形成した場合には、該短絡電極上にZnO膜などの圧電膜を形成した場合、該圧電膜はエピタキシャル膜にならず、しかも(0, 0, 0, 1)配向の膜ができている。従って、従来、実際には、電気機械結合係数 $k$ が小さいにも関わらず、上記①の構造、すなわちIDT/圧電膜/R面サファイアからなる基板の積層構造が用いられていた。(1, バー1, 0, 0)面サファイアやc面サファイアの場合、サファイア基板上には(0, 0, 0, 1)配向のエピタキシャル圧電膜ができるが、金属電極上には多結晶の(0, 0, 0, 1)配向の圧電膜しかできず、SAWの電気機械結合係数が小さく、伝搬ロスの大きいものとなっていた。

【0049】これに対して、本願発明者は、上記のように、ZnOに不純物をドーピングして成膜された低抵抗のZnO膜3をR面サファイアからなる基板上に形成すれば、該ZnO膜の比抵抗 $\rho$ が $10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}$ 程度の非常に低抵抗のZnO膜3が形成されること、さらに、該ZnO膜3上に、さらに、基板2の加熱温度を $200^{\circ}\text{C}$ 以上として、ZnO膜を成膜すれば、圧電性のあるエピタキシャル膜を形成し得ることを見出した。

【0050】本実施例では、このような知見に基づいてなされたものであり、基板2上に、まず低抵抗のZnO膜3を形成することにより、ZnOなどからなる圧電膜4をエピタキシャル膜として形成することが可能とされている。従って、上記のように電気機械結合係数が大きな積層構造である②の構造を利用して変換効率が優れ、挿入損失が小さい表面波装置を提供することができる。

【0051】上記のように、R面サファイア上に、低抵抗のZnO膜を形成した状態、及び該ZnO膜3上にZnO膜を形成した状態を、それぞれ、図12及び図13にRHEED写真で示す。図12及び図13のRHEEDではいずれもスポット状の回析パターンを示していることから明らかなように、ZnO膜3及び圧電膜4としてのZnO膜のいずれもがエピタキシャル膜であることがわかる。

【0052】なお、図12及び図13に示した低抵抗のZnO膜3及び圧電膜4としてのZnO膜の成膜条件は以下のとおりである。

(a) ZnO膜3の成膜方法及び条件

RFマグネトロンスパッタ、ZnにAlを1%ドーピングしたターゲット、基板加熱温度 $250^{\circ}\text{C}$ 、RFパワー1KW、導入ガス $\text{Ar}+\text{O}_2$ 、 $\text{Ar}/(\text{Ar}+\text{O}_2)$ 比96.5%、ガス圧 $7\times 10^{-3}\text{Torr}$ 。

【0053】(b) 圧電膜4としてのZnO膜の成膜方法及び条件

RFマグネトロンスパッタ、99.99%のZnターゲット、基板加熱温度 $200^{\circ}\text{C}$ 、RFパワー1KW、導入ガス $\text{Ar}+\text{O}_2$ 、ガス圧 $7\times 10^{-3}\text{Torr}$ 。

【0054】図14は、本発明の他の実施例としての横波トランスデューサーを説明するための断面図である。横波トランスデューサー11では、基板12上に、低抵抗のZnO膜13が形成されており、該低抵抗のZnO膜13上に高抵抗の圧電膜14が形成されている。圧電膜14上には、金属電極15が形成されている。また、低抵抗のZnO膜13上において、上記圧電膜14と隔てられて、基板12の一方端縁12aに沿って金属電極16が形成されている。

【0055】横波トランスデューサー11では、電極15, 16間に交流電圧を印加することにより横波バルク波が矢印A方向に伝搬し、入力信号を横波に変換することができる。

【0056】基板12は、上記のように横波バルク波を伝搬させるために設けられている。従って、横波バルク波が伝搬し得る材料、例えば、R面サファイア、(0, バー1, 1, 2)面サファイア、 $33^{\circ}$ 回転Y板 $\text{LiTaO}_3$ を用いて構成することができる。すなわち、前述した特開平8-228398号公報に記載の横波トランスデューサーでは、R面サファイアからなる支持体がいれていたが、本実施例の横波トランスデューサー11では、支持体としての基板11は、上記種々の基板材料により構成することができる。R面サファイアはシート状で引き上げて育成されるため、通常横波トランスデューサーで必要とされる30mm以上の基板は別の方法で育成する必要があり、高価であるという欠点があった。また、不純物をドーピングした低抵抗のZnO膜はR面サファイアより、(0, バー1, 1, 2)面サファイア、 $33^{\circ}$ 回転Y板 $\text{LiTaO}_3$ の方が配向しやすい(XRDの半値幅で2/3)ことを見出した。

【0057】本実施例においても、基板12上に低抵抗のZnO膜13が第1の実施例と同様にして形成される。この低抵抗のZnO膜13は電極として機能し、すなわち電極16に電氣的に接続されている電極として機能し、圧電膜14に電極15との間で電界を印加するように機能する。低抵抗のZnO膜13は、第1の実施例と同様に形成され、従って、比抵抗は $10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}$ 程度とされている。

【0058】ZnO膜13上に形成される圧電膜14は、第1の実施例の圧電膜4と同様の材料で構成される。すなわち、ZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内であり、比抵抗が $10^6\Omega\cdot\text{cm}$ 以上である圧電材料、例えばZnO、AlNまたはGaNにより構成することができる。

【0059】電極15, 16は、Al、Au、またはC

uなどの適宜の金属材料を用いて構成することができる。本実施例においても、低抵抗のZnO膜13が第1の実施例のZnO膜3と同様にして形成され、その上に、上記圧電材料からなる圧電膜14が形成されるので、ZnO膜13及び圧電膜14はエピタキシャル膜として形成される。すなわち、圧電膜14が(110)方向に配向しているので、200MHz~2GHzの高周波域で用いる高周波トランスデューサーを構成することができる。これを、具体的な実施例につき説明する。

【0060】以下の材料を用いて、本実施例の横波トランスデューサー11を作成した。すなわち、 $10 \times 5 \times 0.35$ mmの寸法の $33^\circ$ 回転Y板LiTaO<sub>3</sub>からなる基板12上に、0.3 $\mu$ mの厚みの低抵抗のZnO膜13をスパッタリングにより形成した。スパッタリングの条件は以下のとおりである。

【0061】ZnO膜13の成膜条件

RFマグネトロンスパッタ、ZnにAlを1%ドーピングしたターゲット、基板加熱温度250℃、RFパワー1KW、導入ガスAr+O<sub>2</sub>、Ar/(Ar+O<sub>2</sub>)比96.5%、ガス圧 $7 \times 10^{-3}$ Torr。

【0062】次に、ZnO膜13上に、2.9 $\mu$ mの厚みの圧電膜14としてZnO膜を形成した。ZnO膜の成膜条件は以下のとおりである。

【0063】圧電膜14の成膜条件

RFマグネトロンスパッタ、99.99%のZnターゲット、基板加熱温度200℃、RFパワー1KW、導入ガスAr+O<sub>2</sub>、ガス圧 $7 \times 10^{-3}$ Torr。

【0064】上記のようにして形成された圧電膜14上及びZnO膜13上にAl(アルミニウム)からなる電極15、16を形成し、横波トランスデューサー11を得た。この横波トランスデューサー11の特性を図15及び図16に示す。図15は時間応答を示し、図16は周波数振幅特性を示す。これらは、ZnOで励振された横波が基板を伝搬し、次に基板の裏から反射して戻ってきて、次には基板の表で反射して、基板の表と裏で反射を繰り返している時間と振幅を表している。図15の時間の周期及び図16の周波数間隔から明らかなように、本実施例によれば、高周波域で使用し得る横波トランスデューサーを提供し得ることがわかる。

【0065】なお、上記第1、第2の実施例ではそれぞれ、R面サファイア及び $33^\circ$ 回転LiTaO<sub>3</sub>からなる基板2、12を用いたが、本発明においては、基板として上記のように、種々の基板材料からなるものを用いることができる。

【0066】また、第2の実施例の横波トランスデューサーと同様に、本発明に従って縦波トランスデューサーを構成することもできる。もっとも、縦波トランスデューサーを構成する場合、基板材料としては、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)または(011)面シリコン、Zカット水晶、並

びにそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種が好適に用いられる。これらの基板に、第1、第2の実施例と同様に、低抵抗のZnO膜を不純物がドーピングされたターゲットを用いてスパッタリングにより形成し、しかる後低抵抗のZnOからなる電極上に比抵抗 $\rho$ が $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の高抵抗を有し、格子定数がZnOの格子定数の $\pm 20\%$ 以内である圧電膜を形成し、しかる後圧電膜上に電極を形成すればよい。縦波トランスデューサーを得る場合にも、上記不純物がドーピングされた低抵抗のZnO膜は、横波トランスデューサーを構成する場合と同様に構成すればよく、また、圧電膜についても横波トランスデューサーの場合と同様に構成すればよい。

【0067】例えばc面サファイア、c軸に平行な面をもつサファイア、Zカット水晶及び(111)、(100)または(011)面シリコンを用いた場合に、低抵抗の(0001)配向のZnO膜上に(0001)配向のエピタキシャルな圧電膜を形成することができ、良好な縦波トランスデューサーを得ることができる。従って、これらの基板材料を用いた場合においても、R面サファイアからなる基板を用いた場合と同様に、第1、第2の実施例に従って、表面波装置あるいは縦波トランスデューサーを構成することができ、第1、第2の実施例と同様の効果を得ることができる。

【0068】

【発明の効果】本発明に係る表面波装置では、基板上に低抵抗のZnO層からなる電極と、該ZnO層上に形成された高抵抗の圧電膜と、該圧電膜上に形成されたインターデジタル電極とが積層されているので、大きな電気機械結合係数が得られるため、挿入損失を小さくすることができ、変換効率を高めることができ、さらに小型化を図ることが可能となる。

【0069】上記基板として、R面サファイア、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)または(011)面シリコン、Zカット水晶、 $30^\circ \sim 42^\circ$ 回転Y板LiNbO<sub>3</sub>、及び $30^\circ \sim 42^\circ$ 回転Y板LiTaO<sub>3</sub>並びにそれらと等価な面を有する材料からなる基板を用いた場合、低抵抗のZnO層上に(110)配向または(001)配向のエピタキシャルな圧電膜を確実に形成することができ、本発明に従った表面波装置を容易に提供することができる。

【0070】不純物がZnO100重量%に対し、5重量%以下の割合でドーピングされている場合には、低抵抗のZnO層の比抵抗を小さくすることができ、低抵抗のZnO層を電極として確実に機能させることができる。

【0071】上記不純物として、Al、Ga、V、NbまたはAsを用いることにより、低抵抗のZnO層の比抵抗をより確実に小さくすることができる。本発明に係る横波トランスデューサーでは、R面サファイア、 $30^\circ \sim 42^\circ$ 回転Y板LiTaO<sub>3</sub>及び $30^\circ \sim 42^\circ$ 回



転Y板LiNbO<sub>3</sub>のいずれかからなる基板上に、低抵抗のZnO膜からなる電極と、該低抵抗のZnOからなる電極上にエピタキシャル膜として成膜された相対的に高抵抗の圧電膜と、該圧電膜上に形成された電極とが積層されているので、横波バルク波を用いた高周波域で使用し得る横波トランスデューサーを提供することができる。

【0072】横波トランスデューサーにおいて、不純物として、III A、III B、VAまたはVB族の原子または分子の少なくとも1種、より具体的には、Al、Ga、V、NbまたはAsを用いた場合、低抵抗のZnO膜の比抵抗 $\rho$ を確実に低めることができ、低抵抗のZnO膜を電極として確実に機能させることができる。

【0073】また、c面サファイア、c軸に平行な面のサファイア、(111)、(100)もしくは(011)面シリコン、Zカット水晶及びそれらと等価な面を有する材料からなる群から選択した1種からなる基板上に、同様にして(001)配向のエピタキシャル圧電膜を形成することにより、高効率な縦波トランスデューサーができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)及び(b)は、本発明の一実施例としてのセザワ波を利用した表面波装置の平面図及び(a)のA-A'線に沿う部分切欠断面図。

【図2】ECRスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合のターゲットに含有される不純物量と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図3】ECRスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合のAr/(Ar+O<sub>2</sub>)比と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図4】ECRスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合のガス流量及びガス圧と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図5】ドーパされる不純物としてAlを用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、不純物量と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図6】ドーパされる不純物としてAlを用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、Ar/(Ar+O<sub>2</sub>)比と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図7】ドーパされる不純物としてGaを用い、RFマ

グネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、不純物量と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図8】ドーパされる不純物としてGaを用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、Ar/(Ar+O<sub>2</sub>)比と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図9】ドーパされる不純物としてVを用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、不純物量と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図10】ドーパされる不純物としてVを用い、RFマグネトロンスパッタにより低抵抗のZnO膜を形成する場合の、Ar/(Ar+O<sub>2</sub>)比と、得られるZnO膜の比抵抗との関係を示す図。

【図11】各種表面波を利用した表面波装置の積層構造と電気機械結合係数kとの関係を示す図。

【図12】第1の実施例においてR面サファイアからなる基板上にAlがドーパされた低抵抗のZnO膜を成膜した状態を示すRHEED写真を示す図。

【図13】第1の実施例において、R面サファイアからなる基板上に、AlがドーパされたZnO膜を形成し、さらにその上に圧電膜としてZnO膜を成膜した状態のRHEED写真を示す図。

【図14】本発明の第2の実施例としての横波トランスデューサーを説明するための側面断面図。

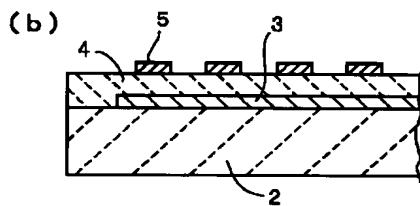
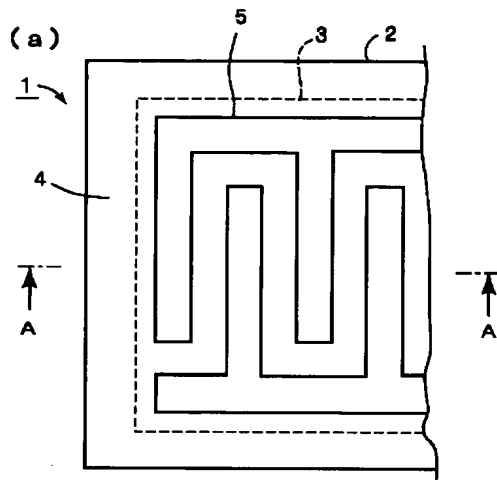
【図15】第2の実施例で作成された横波トランスデューサーの基板の表と裏で反射する時間特性を示す図。

【図16】第2の実施例で作成された横波トランスデューサーのアドミタンス-周波数特性を示す図。

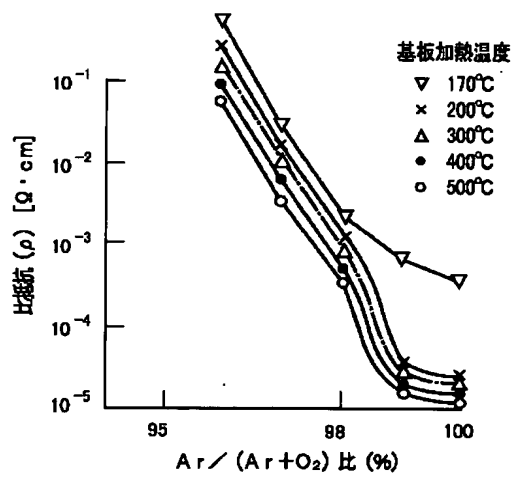
#### 【符号の説明】

- 1…表面波装置
- 2…基板
- 3…低抵抗のZnO膜
- 4…圧電膜
- 5…インターデジタル電極
- 11…横波トランスデューサー
- 12…基板
- 13…低抵抗のZnO膜
- 14…圧電膜
- 15…電極
- 16…電極

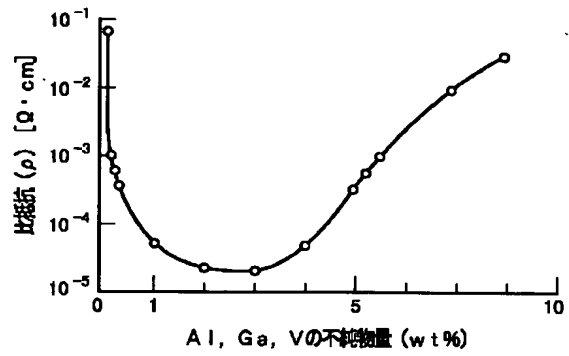
【図1】



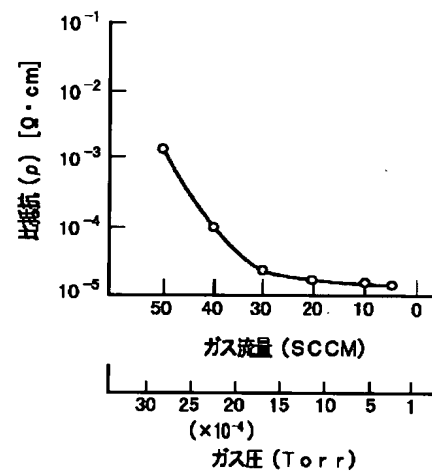
【図3】



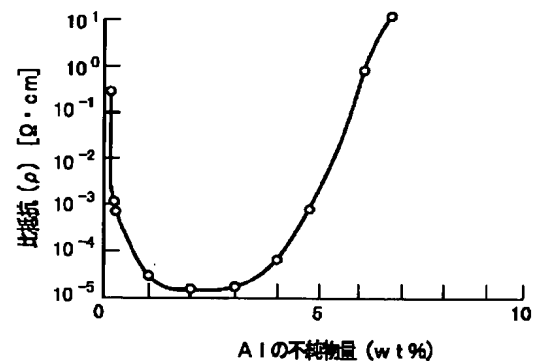
【図2】



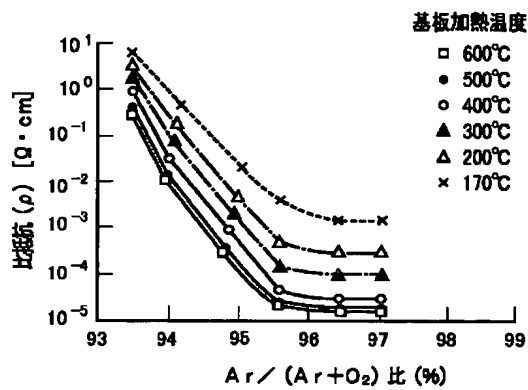
【図4】



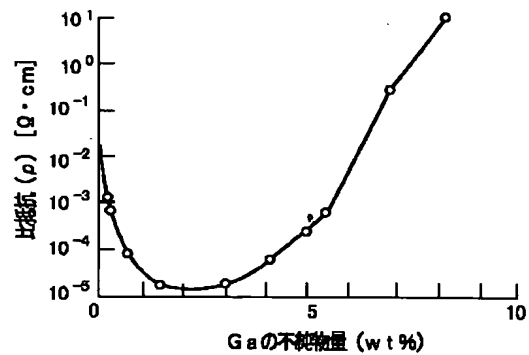
【図5】



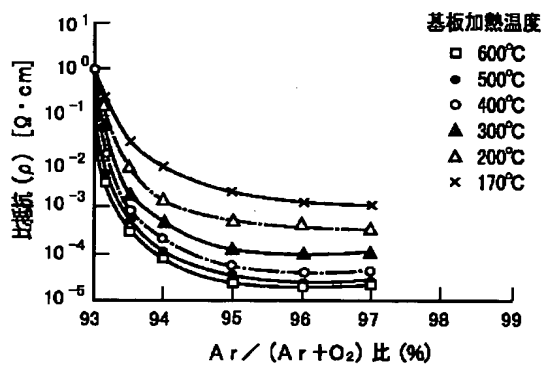
【図6】



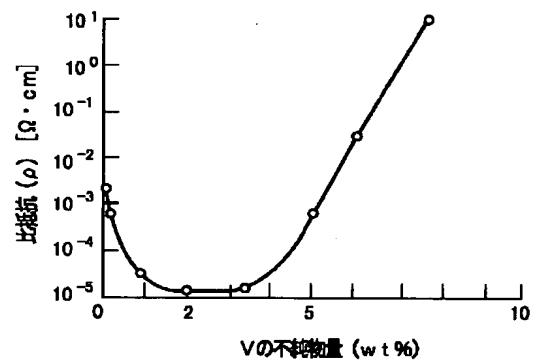
【図7】



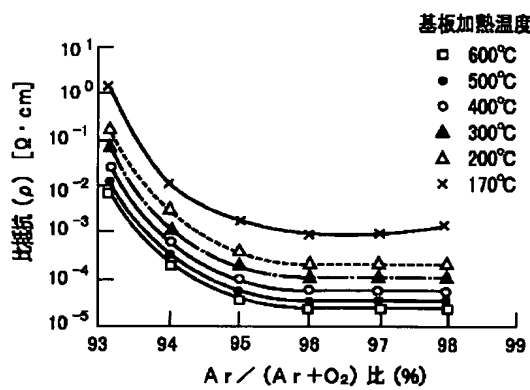
【図8】



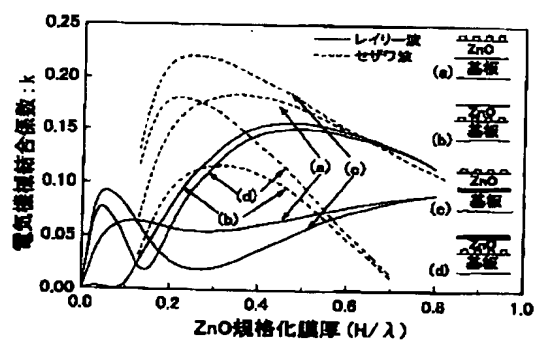
【図9】



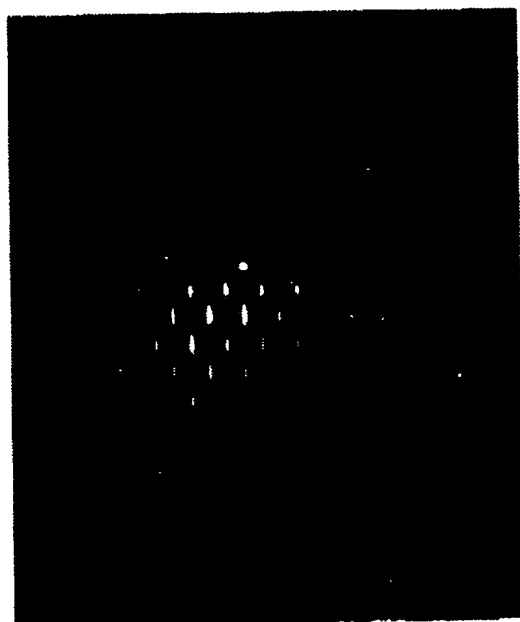
【図10】



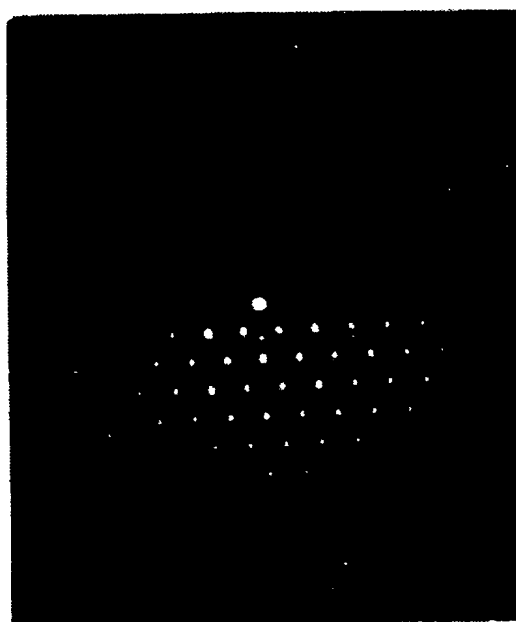
【図11】



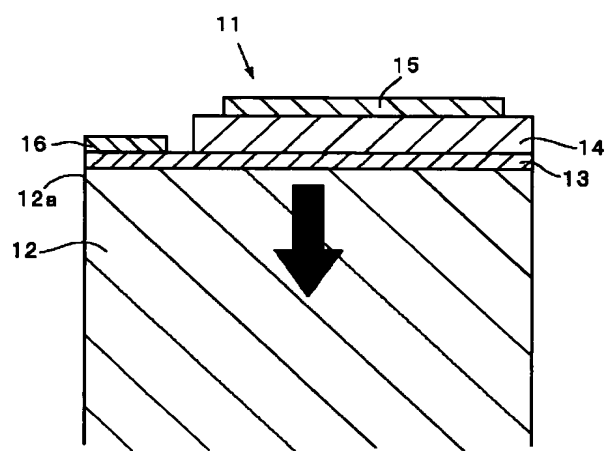
【図12】



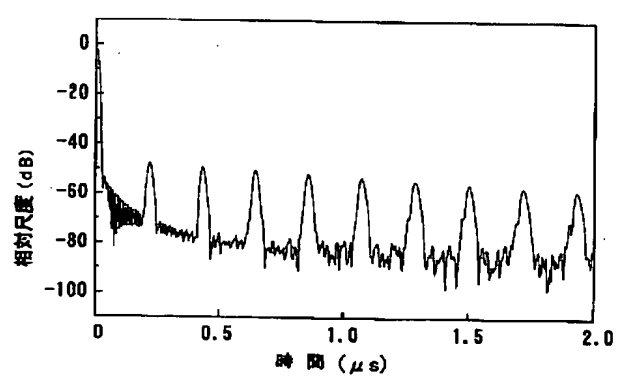
【図13】



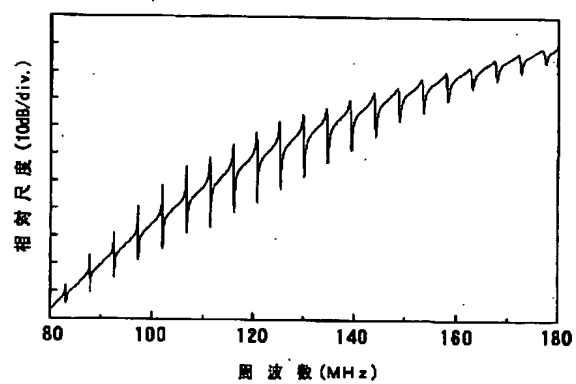
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J097 AA06 AA29 AA31 DD01 EE08  
EE10 FF02 FF08 GG02 GG03  
GG04 HA02 HA03 KK01 KK05  
KK09